

Opinnäytetyö (YAMK)

Teknologiaosaamisen johtaminen

Tuotantojohtaminen

2015

Jussi Mäki

OLKILUOTO 3 REAKTORIHUOLLON ERIKOISTYÖKALUJEN HALLINNOINNIN KEHITTÄMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jussi Mäki

OLKILUOTO 3 REAKTORIHUOLLON ERIKOISTYÖKALUJEN HALLINNOINNIN KEHITTÄMINEN

Tässä työssä oli tavoitteena määrittää Olkiluoto 3 -laitoksen reaktorihuollossa tarvittavat erikoistyökalut ja koota ne selkeäksi kokonaisuudeksi avuksi reaktorihuollon jokapäiväistä työntekoa. Työn tavoitteena oli jakaa reaktorin huoltoprosessikokonaisuus pienempiin osiin ja arvioida laitossopimuksen mukana toimitettavien reaktorin huoltotyökalujen riittävyys reaktorihuoltotöiden suorittamiseen. Tavoitteena oli myös puuttuvien työkalujen tunnistaminen ja suositusten tekeminen mahdollisille lisätyökaluhankinnoille.

Kehittämistyö alkoi työn tarpeellisuuden ja erikoistyökalujen tilan arvioinnilla, joka selvitettiin tekemällä kysely Olkiluodon kunnossapidon ammattilaisille. Työn tarpeellisuuden todentamisen jälkeen reaktorinhuoltoprosessi jaettiin pienempiin osiin, jonka avulla työvaiheiden työkalutarpeet selvitettiin. Reaktorihuollossa tarvittavat erikoistyökalut luokiteltiin kunnossapitoluokkiin huoltoresurssien kohdentamiseksi ja koottiin tiedot laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeista, joista työkalujen huoltosuositukset löytyvät.

Työn tuotoksena syntyivät tavoitteen mukainen koontitaulukko käytössä olevista reaktori työkaluista sekä yksilökohtaiset että visuaaliset työkalukortit huoltotoimenpiteiden suorittamisen avuksi. Lisäksi tarvittavien lisätyökalujen hankintatarpeet tunnistettiin ja niiden hankkimiseksi tehtiin suositukset.

ASIASANAT:

huolto, kunnossapito, hallinnointi, kehittäminen

MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Technological Competence Management| Production management

2015 | 43 pages

Instructors: Timo Tolmunen, Mika Hovinen

Jussi Mäki

MANAGEMENT OF OLKILUOTO 3 REACTOR SERVICE SPECIAL TOOLS

The main purpose of this thesis was to define the special tools needed in Olkiluoto 3 reactor service and to collect information on their usage in everyday maintenance activities. In addition, the sufficiency of the tools provided according to the plant contract was assessed by comparing the tools with those at reference plants. The reactor tools were divided into maintenance priority classes in order to focus the maintenance resources on the most important tools.

In the first phase of the study, a survey was conducted among the maintenance professionals at Olkiluoto. Based on the results of the survey, it was possible to study the current situation of the special tools management. At the beginning of the thesis, the maintenance of the nuclear plant is described on a general level. In the second part of the thesis, the focus is on the reactor service process and special tools.

As a result of the thesis, a table of the special tools required at the nuclear plant was drafted as well as tool cards of each tool with important information on the manufacture, usage and service of the tools. In addition, some additional purchases of tools are recommended.

KEYWORDS:

service, maintenance, management, developing

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	8
2 YDINVOIMAN KÄYTTÖ SÄHKÖNTUOTANNOSSA JA SITÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ SEKÄ VIRANOMAISVALVONTA	10
2.1 Ydinvoima Suomessa	10
2.2 Teollisuuden voima Oyj (TVO)	11
2.3 Ydinenergian käyttöä koskeva lainsäädäntö ja asetukset	11
3 OLKILUODON LAITOSTYYPIT JA NIITÄ KOSKEVA KUNNOSSAPITOTOIMINTA	14
3.1 OL1- ja OL2 -laitosyksiköiden toimintaperiaate	14
3.2 OL3 -laitosyksikön toimintaperiaate	15
3.3 Olkiluodon laitostyyppien eroavaisuuksien vaikutukset kunnossapitotoihin	17
3.4 Teollisuuden kunnossapitotoiminta	17
3.5 Kunnossapitotoiminta TVO:lla	18
3.5.1 Ennakkohuolto ja vikakorjaus	21
3.5.2 Kunnossapitotöiden suoritus TVO:lla	22
3.5.3 Säteilyn vaikutus kunnossapitotoimintoihin	23
3.5.4 Ydinturvallisuusnäkökulma	24
3.5.5 Työsuojellinen näkökulma	25
3.5.6 Taloudellinen näkökulma	26
3.5.7 Irto-osien ja epäpuhtauksien hallinta kunnossapitotöissä	27
3.5.8 Vuosihuoltojen eri tyypit	28
4 TYÖN TOTEUTUS JA MENETELMÄT	29
4.1 Tiedonkeruumenetelmät	29
4.2 Työn toteutus	29
4.2.1 Työn tarpeen todentaminen	30
4.2.2 Reaktorin huoltoprosessin kuvaaminen	31
5 REAKTORIN AVAAMINEN JA REAKTORISYDÄMEN PURKAMINEN	36

6 REAKTORISYDÄMEN UUDELLEEN LATAAMINEN JA KANNEN SULKEMINEN	37
7 TÄRKEIMPIEN TYÖKALUJEN MÄÄRITTELY	38
8 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
9 YHTEENVETO	41
LÄHTEET	42

LIITTEET

Liite 1. Webropol -kysely erikoistyökalujen hallinnoinnin nykytilasta

Liite 2. List of special tools 1–54

Liite 3. Sopimuksen mukaiset reaktorihuollon erikoistyökalut

Liite 4. Laitossopimukseen kuulumattomat reaktorihuollon erikoistyökalut

Liite 5. Muut reaktorihuollon erikoistyökalut

Liite 6. AREVA kunnossapitoluokitukset määrittelytyökalu

Liite 7. Reaktorin avaaminen ja reaktorisydämen purkaminen

Liite 8. Reaktorisydämen uudelleen lataaminen ja kannen sulkeminen

Liite 9. Tärkeimpien työkalujen määrittely

KÄYTETYT LYHENTEET

ALARA	Mahdollisimman pieni säteilyannos (As Low As Reasonably Achievable)
AREVA	Ranskalainen energia-alan teollisuuskonserni. OL3 pääura-koitsija
BWR	Kiehumusvesilaitos (Boiling Water Reactor)
Dekontaminointi	Radioaktiivisten aineiden puhdistaminen
EPR	Eurooppalainen painevesireaktori (European Pressurized Water Reactor)
Erikoistyökalu	Määrätyn työn suorittamiseen suunniteltu työkalu
EYT	Ei ydinteknistä merkitystä
Fissio	Reaktio jossa raskaan atomin ydin hajoaa kahdeksi pienemmäksi ytimeksi, samalla vapauttaen energiaa
FSAR	Turvallisuusanalyysi, jossa laitteen vikaantumisen vaikutukset laitoksen turvallisuudelle on arvioitu. (Final Safety Analysis Report)
IAEA	Kansainvälinen atomienergiajärjestö (International Atomic Energy Agency)
KKS	OL3 -voimalaitoksen komponenttien identifiointijärjestelmä (Kraftwerk-Kennzeichensystem)
Kontaminaatio	Radioaktiivisella aineella saastuminen
Kriittinen polku	Peräkkäin suoritettavien töiden kokonaisuus, jotka on toteutettava aikataulussa, jotta koko projekti ei myöhästyisi.
Laitepaikka	Paikka johon komponentti on asennettu pysyvästi. Esim. pumppu, venttiili.

Luvanhaltija	(TVO) Ydinvoiman käyttöluvan saanut voimayhtiö
M-P	Kunnossapitoluokka (Maintenance Priority)
OL1 / OL2	Olkiluoto 1- ja Olkiluoto 2 -laitosyksiköt
OL3	Olkiluoto 3 -laitosyksikkö
PAA	Käytettävyyssanalyysi (Probabilistic Availability Analysis)
Polaarinosturi	(OL3) Reaktorihallin päänosturi
PSAR	Todennäköisyysperustainen turvallisuusanalyysi (Probabilistic Safety Analysis)
PWR	Painevesilaitos (Pressurized Water Reactor)
QC	Laadunvalvonta (Quality Control)
RCM	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (Reliability Centered Maintenance)
Sievert (Sv)	SI- järjestelmän mukainen säteilyannoksen yksikkö
Sondi	Instrumentointisauva (Instrumentation lance)
Säteily	Radioaktiivisen hajoamisen seurauksena atomin ytimessä syntyvä hiukkassäteily
TTKE	Turvallisuustekniset käyttöehdot
Varaosakompletti	Varaosakokonaisuus

1 JOHDANTO

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) operoi kahta ja rakennuttaa kolmatta ydinvoimalaitosyksikköä Eurajoen Olkiluotoon. Kaksi käytössä olevaa laitosyksikköä OL1 ja OL2 ovat laitostyypiltään kiehutusvesilaitoksia (Boiling Water Reactors, BWR), ja ne ovat silloisen ruotsalaisen Asea Atom -yhtiön rakentamia ja ovat operoineet 70-luvun lopulta lähtien. Rakenteilla oleva kolmas laitosyksikkö OL3 on ranskalais-saksalaisen konsortion AREVAn ensimmäinen eurooppalainen painevesireaktori (European Pressurized Water Reactor, EPR) -laitos. Laitos on tyypiltään painevesilaitos (Pressurized Water Reactor, PWR), ja sen suunnittelu pohjautuu saksalaisiin KONVOI -laitoksiin sekä ranskalaisiin N4 -tyypin laitoksiin.

Rakenteilla oleva OL3 -laitosyksikkö on ensimmäinen uuden sukupolven painevesilaitos (EPR), ja tämä luonnollisesti saa aikaan sen, että laitoksesta ei ole aiempia käyttökokemuksia. Aikoinaan OL1- ja OL2 -laitoksilla työtavat omaksuttiin pitkälti ruotsalaisilta laitoksilta, sillä vastaavista Asea Atomin valmistamista laitoksista oli tuolloin Ruotsissa hyviä kokemuksia, ja näin ollen toimintatavat omaksuttiin hyvin pitkälti sieltä. OL3 -laitoksen kohdalla vastaavaa toimintatapojen kopiointimahdollisuutta ei ole, ja tästä syystä joudutaan toimintatavat rakentamaan laitoksen valmistumisen yhteydessä.

Tässä työssä tavoitteena on määrittää OL3 -laitoksen reaktorihuollossa tarvittavat erikoistyökalut ja koota ne selkeäksi kokonaisuudeksi. Työssä huomioidaan laitostoimituksen mukana tulevat erikoistyökalut sekä muut mahdollisesti erikseen hankittavat välttämättömät erikoistyökalut. Työn tarkoituksena on koota erikoistyökaluaineisto selkeään käyttökelpoiseen muotoon jokapäiväisen työnteon avuksi. Lisäksi työssä koetaan yhteen erikoistyökalujen huoltotarpeet laitetoimittajan suositusten mukaisesti niiden toimintakyvyn takaamiseksi. Työtä voidaan lisäksi käyttää oppimateriaalina perehdyttäessä uusia työntekijöitä reaktorihallitöihin sekä tukena erikoistyökalujen investointipäätöksiä tehtäessä.

Työssä tarkastellaan asiaa mekaanisen kunnossapidon näkökulmasta ja tutkimus rajataan koskemaan OL3 -laitoksen reaktorihuollossa tarvittavia erikoistyökaluja. Toisin sanoen tutkimus rajataan koskemaan niitä erikoistyökaluja, jotka ovat välttämättömiä reaktorin huoltoprosessin läpi viemiseksi turvallisesti ennakkoon määrättyssä aikataulussa. Työn tavoitteena on tehdä koontitaulukko ja työkalukortit kustakin työkalusta,

joiden tehtävänä on toimia työkaluina erikoistyökalujen hallinnoinnissa. Sanalla hallinnointi tarkoitetaan työssä erikoistyökaluja koskevan aineiston keräämistä, työkalujen tunnistamista ja identifiointia, luokittelua sekä huoltotarpeiden määrittämistä. Työssä syntyviä toimintatapoja voidaan soveltaen käyttää hyväksi myös muiden reaktorilaitoksen pääkomponenttien huoltotyökalujen huolloissa sekä OL1- ja OL2 -laitosten erikoistyökalujen hallinnoinnissa.

Työn alkuosassa käsitellään yleisellä tasolla ydinvoiman käyttöä sähköntuotannossa maailmalla sekä Suomessa ja TVO:n roolia osana tätä toimintaympäristöä. Lisäksi kuvataan Olkiluodon ydinvoimalaitosten ominaispiirteitä ja pääkomponentteja, jotta muodostuisi kokonaiskuva siitä toimintaympäristöstä, mitä työ käsittelee. Työssä käsitellään myös kunnossapitoa yleisellä tasolla mekaanisen kunnossapidon näkökulmasta verraten sitä ydinvoimalaitoksen kunnossapitoon.

Työssä käsitellään reaktorin huoltoprosessia yksityiskohtaisella tasolla purkamalla reaktorin huoltoprosessi eri työvaiheisiin ja määrittelemällä työvaiheen sisällä tehtävät työt sekä työkalut, joita tarvitaan työvaiheen suorittamiseksi. Verrataan havaittuja työkalutarpeita laitostoimittajan toimittamaan listaan, jossa on lueteltu laitossopimukseen kuuluvat työkalut. Määritellään erikoistyökaluille kunnossapitoluokat ja arvioidaan tärkeimmille työkaluille tarvittavat huoltotyöt. Työssä arvioidaan lisäksi tarvittavien lisätyökalujen hankintatarpeet vertaamalla omaa työkalukantaamme referenssilaitosten työkalukantoihin ja muodostetaan tämän pohjalta suositukset laitossopimuksen ulkopuolella olevien erikoistyökalujen hankinnalle.

Ydinvoima-alalta on tehty joitain insinööri- ja diplomi-insinööriä, mutta vastaavia reaktorihuoltoa ja sen suorittamisessa tarvittavia työkaluja käsitteleviä opinnäytetöitä ei löytynyt AMK:n Doria -tietokannasta, eikä myöskään yliopistojen tietokannoista. Löytämäni ydinvoima-alan opinnäytetyöt koskivat mm. turvallisuusluokiteltujen komponenttien hankintaa, laitossopimuksen käytön kehittämistä, kunnossapidon kehittämistä tai optimointia jollain tietyllä osa-alueella.

2 YDINVOIMAN KÄYTTÖ SÄHKÖNTUOTANNOSSA JA SITÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ SEKÄ VIRANOMAISVALVONTA

2.1 Ydinvoima Suomessa

Ydinvoiman käyttöä sähköntuotantoon alettiin selvittää kansallisen komitean avulla 1956, jonka tutkimusten pohjalta tutkijaryhmä arvioi 1960-luvun lopussa, että Suomeen kannattaa rakentaa ydinvoimalaitos. Erinäisten vaiheiden kautta silloinen Imatran voima tilasi Neuvostoliitosta V/O Technoprosimportilta 440 MW ydinvoimalaitoksen vuonna 1970 ja seuraavana vuonna toisen vastaavan laitoksen. Laitokset ovat tuottaneet sähköä siitä saakka ja tehonkorotusten jälkeen tämän hetkinen nettosähköteho on 496MW / laitos ja ne tuottavat vuosittain yhteensä n. 8 TWh. (Fortum 2013.)

Teollisuuden voima (TVO) perustettiin 1969, ja ydinvoimalaitoksen hankintasopimus TVO:n ja ruotsalaisen Asea-Atomin välillä allekirjoitettiin vuonna 1974. TVO tilasi vielä optiona tarjotun toisen laitossyksikön, ja valmistuneet laitokset kytkettiin valtakunnanverkkoon vuosina 1978 ja 1980. (Sandberg 2004, 12-20.)

Joulukuussa 2003 TVO solmi ranskalaisen Framatome ANP:n ja saksalaisen Siemensin kanssa sopimuksen 1 600 MW painevesireaktorilaitoksen toimittamisesta Suomeen. Varsinaiset rakennustyöt alkoivat vuoden 2005 keväällä, ja laitostoimittajan antaman tämänhetkisen arvion mukaan laitos on sähköntuotannossa 12/2018. (TVO ajankohtaista 2014.)

Sekä Loviisan että Olkiluodon voimalaitokset ovat tuottaneet 70-luvun lopusta asti sähköä suomalaiselle yhteiskunnalle. Näiden neljän voimalaitoksen yhteenlaskettu nimellinen sähkönettoteho on 2 752 MW ja yhteenlaskettu tuotanto vuonna 2013 se oli n. 22,7 TWh. (IAEA 2014.)

2.2 Teollisuuden voima Oyj (TVO)

Teollisuuden voima Oyj on vuonna 1969 perustettu listaamaton julkinen osakeyhtiö, joka tuottaa sähköä omistajilleen omakustannushintaan omistuosuuksien mukaisesti. Omistajat vastaavat myös sähkön tuotantoon kuluvista kustannuksista omistuosuuksiensa mukaisesti. TVO:n omistus on jaettu eri osakesarjoihin, joista kukin osakkeenomistaja omistaa osan. TVO:n suurin omistaja kaikissa osakesarjoissa on Pohjolan Voima Oyj osakesarjojen yhteenlasketulla omistuosuudella 58,5 %. Toiseksi selvästi muita omistajia suurempi omistaja on Fortum Power and Heat Oy 25,8 % osuudella. (TVO taskutieto 2013.)

TVO käyttää kahta nimellisteholtaan 880 MW:n kiehutusvesilaitosta Eurajoen Olkiluodossa ja rakennuttaa kolmatta laitousyksikköä, joka on tyypiltään painevesilaitos. Kolmas rakenteilla oleva laitousyksikkö on nimellisteholtaan 1 600 MW. TVO:n tuottaman sähkön osuus Suomen kokonaissähkön tuotannosta vuonna 2013 oli noin 18,2 % tuotannon ollessa 14,63 TWh. (TVO taskutieto 2013.)

2.3 Ydinenergian käyttöä koskeva lainsäädäntö ja asetukset

Ydinenergialaissa (990/1987) sanotaan, että ydinvoiman käyttö on oltava yhteiskunnan kokonaisedun mukaista ja turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Ydinenergian käyttö on luvanvaraista toimintaa, ydinenergia-alan ylin johto sekä valvonta kuuluvat työ- ja elinkeinoministeriölle. Ydinvoiman käytön turvallisuuden valvonta kuuluu säteilyturvakeskukselle (STUK). Suomessa ydinvoiman käyttöä ja kunnossapitoa koskevat seuraavat lait ja asetukset: perustuslaki, ydinenergialaki, ydinenergia-asetus, valtioneuvoston asetukset ja YVL -ohjeet. (Ydinenergialaki 11.12.1987/990.)

Ydinvoima-alan säännösten rakentuminen

Ydinvoima-alan säännökset rakentuvat kuvan 1. mukaisesti, jossa ylimpänä on laki ja alemmat portaat täydentävät edellistä porrasta.

Perustuslaissa määritellään kansalaisten perusoikeudet ja valtiovallan velvollisuudet huolehtia kansalaisten oikeudesta terveelliseen ympäristöön.

Ydinenergialaissa, (YEL 990/2008) määritellään ydinenergian käytön turvallisuutta koskevat perusvaatimukset. Näitä ovat mm. keskeiset turvallisuusperiaatteet, säteilyaltistuksen ja radioaktiivisten päästöjen rajoittaminen, ydinjätteistä huolehtiminen.

Ydinenergia-asetuksessa, (YEA 161/1988) tarkennetaan ydinenergialain soveltamissääntöjä ja lupamenettelyjä.

Valtioneuvoston asetuksissa, (VNA) esitetään yleisiä teknisiä vaatimuksia. Näitä ovat mm. ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta, käytön turvajärjestelyistä, valmiusjärjestelyistä ym.

YVL -ohjeet ovat sääntöjä, joita luvanhaltijan on noudatettava, ellei se pysty esittämään STUK:lle jotain muuta hyväksyttävää menettelytapaa, jolla YVL-ohjeissa esitetty turvallisuustaso saavutetaan. YVL -ohjeilla valvotaan ja ohjataan laitoksen rakentamista ja käyttöä.

Muut tekniset standardit, esim. SFS, RakMK, ISO, ASME, antavat vaatimuksia ja suosituksia mm. painelaitteille, rakenteille. (Poikolainen ja Rusanen 2011; Kuosa 2011.)



Kuva 1. Ydinvoima-alan säädösten rakentuminen (Poikolainen & Rusanen 2011).

Turvallisuustekniset käyttöehdot (TTKE) määrittävät laitoksen käytölle ehtoja ja rajoituksia, joiden tarkoituksena on varmistaa ympäristön turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden käyttökuntoisuus.

Edellä mainittujen lakien, asetusten ja ohjeiden lisäksi TVO:lla kunnossapitotoimintaa hallitaan ja ohjataan eri hallinnollisten tietojärjestelmien avulla. Näitä ovat mm. ENKKU (laitteiden ennakkohuolto), TTJ (töiden toteutus) ja LATU (laitostietokannan ylläpito). Tietojärjestelmien lisäksi kunnossapitotoimintaa ohjataan erilaisten hallinnollisten ja teknisten käsikirjojen avulla, joihin on koottu ohjeita toiminnan ohjaamiseksi. Kunnossapitotoimintaa kuvaava käsikirja on nimeltään kunnossapitokäsikirja, ja se koostuu sekä yleisohjeista että kenttäohjeista. Sen ajantasaisuudesta ja ylläpidosta vastaa kyseisen vastuualueen ryhmäpäällikkö. (Saarela 2013.)

3 OLKILUODON LAITOSTYYPIT JA NIITÄ KOSKEVA KUNNOSSAPITOTOIMINTA

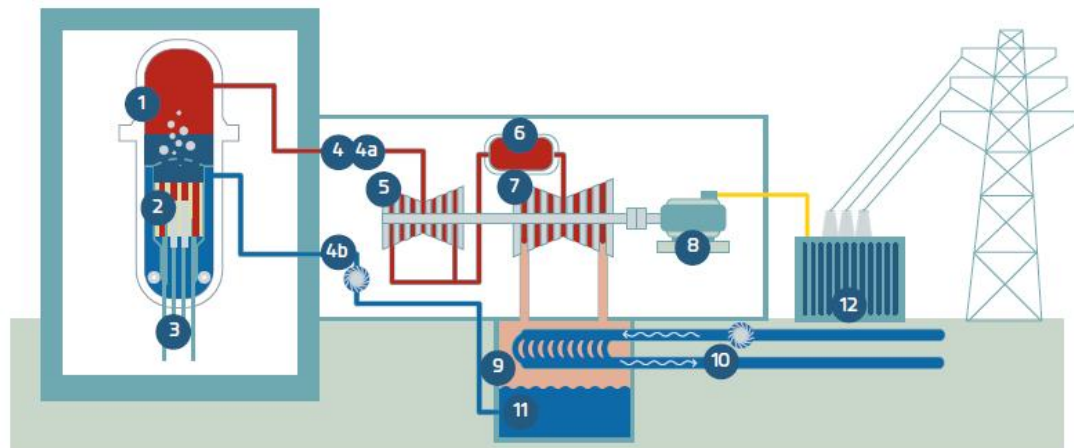
Maaillalla on tällä hetkellä toiminnassa kuusi erilaista reaktortyyppiä, joista käsittelen tässä luvussa Olkiluodossa olevat kaksi laitostyyppiä, BWR ja PWR. Käsittelen Olkiluodossa olevien laitosyksiköiden toimintaperiaatteet, niiden tärkeimpiä ominaisuuksia sekä laitostyyppien välisiä eroavaisuuksia mekaaniseen kunnossapidon vastuulle kuuluvan reaktorihuollon näkökulmasta. Lisäksi käyn läpi kunnossapitotoiminnassa käytettävät yleisimmät käsitteet ja ydinvoimalaitoksen kunnossapitoon liittyviä piirteitä.

3.1 OL1- ja OL2 -laitosyksiköiden toimintaperiaate

Olkiluodon laitosyksiköt OL1 ja OL2 ovat laitostyyppiltään kiehutusvesireaktoreita (BWR), jossa reaktorissa tuotettu höyry johdetaan suoraan turbiineille, ilman erillistä sekundaaripiiriä. Turbiinien kanssa samalle akselille asennettu generaattori muuttaa lopulta höyryn ja turbiinien tekemän mekaanisen liikkeen sähköenergiaksi.

Kuvassa 2: Syöttövesi (4b) pumpataan syöttövesipumppujen avulla reaktorisydämen (2) läpi, jolloin vesi alkaa höyrystyä kiehumisen vaikutuksesta. Reaktorin (1) yläosassa sijaitsevien vedenerottajan ja höyrynkuvaimen avulla höyrystä saadaan erotettua ylimääräinen vesi ja se johdetaan höyrylinjoja pitkin korkeapaineturbiinille (5). Korkeapaineturbiinin jälkeen höyry johdetaan välitulistimille (6), jossa se kuivataan ja tulistetaan. Välitulistimien jälkeen höyry johdetaan matalapaineturbiineille (7), jonka jälkeen höyry lauhdutetaan lauhduttimessa (9) meriveden avulla takaisin vedeksi ja se pumpataan syöttövesisäiliön ja esilämmittimien kautta takaisin reaktoriin. (Sandberg 2004, 44 - 51; TVO tekniset tiedot 2013.)

Kiehutusvesilaitoksen toimintaperiaate



- | | | |
|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| 1. Reaktori | 4b. Syöttövesi reaktoriin | 9. Lauhdutin |
| 2. Sydän | 5. Korkeapaineturbiini | 10. Merivesipiiri |
| 3. Säästösaavat | 6. Valitulistin | 11. Lauhde |
| 4. Primääripiiri | 7. Matalapaineturbiinit | 12. Muuntaja |
| 4a. Höyry turbiinille | 8. Generaattori | |

Kuva 2. Kiehutusvesilaitoksen toimintaperiaate (TVO).

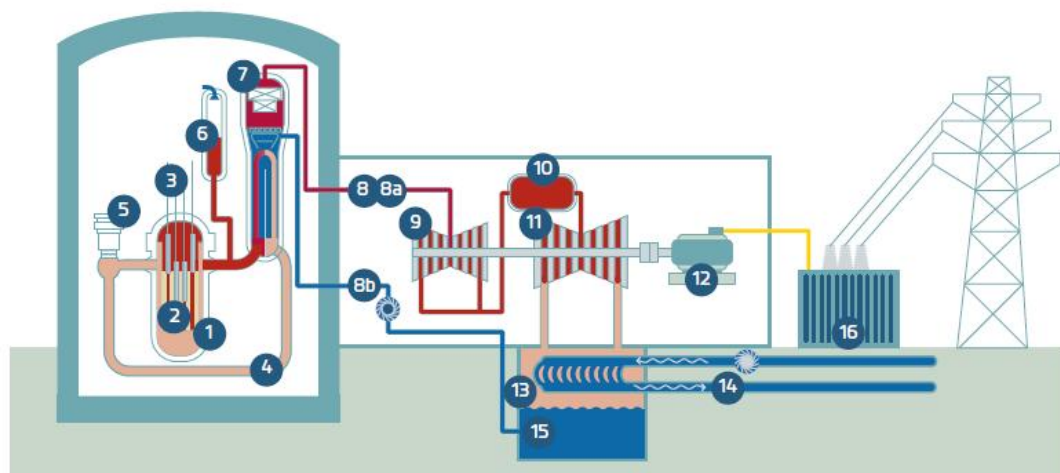
Kiehutusvesilaitoksissa reaktorin tehonsäätöön käytetään reaktorin pohjassa sijaitsevien säästösaavojen (121 kpl) lisäksi pääkiertopumppuja (6 kpl), joiden pyörimisnopeutta säätämällä vaikutetaan reaktorissa olevaan reaktiivisuuteen. Säästösaavat ovat ruostumatonta terästä ja niiden sisällä on absorbaattorina boorikarbidia. (Sandberg 2004, 44 - 51.)

3.2 OL3 -laitosyksikön toimintaperiaate

Rakenteilla oleva OL3 -laitosyksikkö on laitostyyppiltään painevesireaktori (PWR), jossa kiehutusvesireaktoreista poiketen, on kaksi jäähdytyspiiriä: primääripiiri ja sekundaari-piiri. Primääripiirin paine pidetään paineistimen avulla korkeana (155 bar), jonka ansiosta primääri jäähdyte pysyy nesteinä. Painevesireaktorin primääripiirissä, reaktorin läpi virtaavan jäähdytteen avulla, syntyvä lämpö siirretään sekundaaripiiriin höyrystimissä. Johtuen höyrystimien sekundaaripiiriin pienemmästä paineesta (n.78 bar), höyrystyy sinne syötetty syöttövesi höyryksi. Höyrystimissä tuotettu höyry johdetaan höyrylinjoja pitkin turbiineille, jossa se turbiinien ja generaattorin avulla muutetaan sähköenergiaksi.

Kuvassa 3: Primääripiirissä (4) pääkiertopumppujen (5) avulla kiertävä jäähdyte (vesi) johdetaan reaktorin sydämen (2) läpi, jolloin se lämpenee reaktorisydämessä tapahtuneen fission vaikutuksesta. Lämmennyt jäähdyte kierrätetään höyrystimessä (7) olevien primääripiirin tuubien lävitse takaisin reaktoriin. Sekundaaripiirin syöttövesi pumpataan syöttövesipumppujen avulla höyrystimeen, jossa se, pienemmästä paineesta johtuen, höyrystyy. Tuotettu höyry johdetaan korkeapaineturbiinille (9) höyrylinjoja (8a) pitkin. Korkeapaineturbiinin jälkeen höyry johdetaan välitulistimille (10), jossa se kuivataan ja tulistetaan. Välitulistimien jälkeen höyry johdetaan matalapaineturbiineille (11), jonka jälkeen höyry lauhdutetaan lauhduttimessa (13) meriveden avulla takaisin vedeksi ja se pumpataan syöttövesisäiliön ja esilämmittimien kautta takaisin reaktoriin. (Sandberg 2004, 44 - 51; TVO tekniset tiedot 2013.)

Painevesilaitoksen toimintaperiaate



- | | | |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1. Reaktori | 7. Höyrystin | 11. Matalapaineturbiinit |
| 2. Sydän | 8. Sekundaaripiiri | 12. Generaattori |
| 3. Säätösauvat | 8a. Höyry turbiinille | 13. Lauhdutin |
| 4. Primaaripiiri (veden kierto) | 8b. Syöttövesi höyrystimille | 14. Merivesipiiri |
| 5. Pääkiertopumppu | 9. Korkeapaineturbiini | 15. Lauhde |
| 6. Paineistin | 10. Välitulistin | 16. Muuntaja |

Kuva 3. Painevesilaitoksen toimintaperiaate (TVO).

3.3 Olkiluodon laitostyyppien eroavaisuuksien vaikutukset kunnossapitotöihin

Ottamatta kantaa laitosten turvallisuusvaatimuksiin ja sähkötehon tuottoon laitostyyppien eroavaisuuksia tarkastellessa voidaan todeta seuraavaa:

OL3 -laitoksen primääriprosessin aktiivinen alue on huomattavasti pienempi kuin OL1- ja OL2 -laitoksilla ja tämä helpottaa kunnossapitotöiden suunnittelua ja toteuttamista, koska komponenttien aktiivisuus hankaloittaa töiden huoltotöiden suorittamista erilaisien mittausten ja dekontaminointi aktiviteettien muodossa. OL1- ja OL2 -laitoksilla turbiinipuolelle meno tehoajon aikana on rajoitettua, johtuen säteilystä, jota OL3 -laitoksen turbiinipuolella ei vastaavasti ole. Vaikka OL3 -laitoksen primääripiiri on pieni, sen primääripiirin komponentit ovat vastaavasti hyvin aktiivisia ja tämä tulee tiedostaa ja siihen tulee varautua kunnossapitotöitä suunniteltaessa ja suoritettaessa.

OL3 -laitoksen tehonsäätö perustuu jäähdytteen booripitoisuuden sekä säätösauvojen avulla tapahtuvaan tehonsäätöön. Olkiluoto 1 ja 2 -laitoksilla tehonsäätö perustuu säätösauvoihin ja pääkiertopumpun kierrosten säätöön. OL3 -laitoksella boorin käsittely aiheuttaa kunnossapitotöihin omat haasteensa, sillä kuivuessaan se tarttuu pinnoille ja sitä joudutaan puhdistamaan huoltotöiden yhteydessä. OL1- ja OL2 -laitoksilla tehonsäätöön käytettävät säätösauvat sijaitsevat reaktoritankin pohjassa. Tämä tuo mukanaan omat haasteensa huoltotöissä, sillä huoltotöiden yhteydessä pohjassa olevien läpivientien tiiveyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. OL3 -laitoksella säätösauvat tulevat reaktoriin yläpuolelta, kannen lävitse ja ne ovat mekaaniselta rakenteeltaan huoltovapaita.

3.4 Teollisuuden kunnossapitotoiminta

Yleisesti kunnossapitotoiminnan tavoitteena on käyttövarmuuden takaaminen ja sitä kautta parhaan taloudellisen tuloksen mahdollistaminen. Kunnossapito on oikea-aikaisen huolto-ajankohdan löytämistä, varaosien määrän optimointia ja rajallisten kunnossapitoresurssien tehokasta hyödyntämistä. Kunnossapitotoimenpiteet voidaan toi-

mintaperiaatteiden mukaan jaotella seuraavasti: Käyttöseuranta, kunnonvalvonta, huolto ja korjaus. (Kunnossapitoyhdistys 2014.)

Käyttöseuranta on käyttöhenkilökunnan suorittamaa laitteiden ja koneiden valvontaa ja havaintojen kirjaamista. Usein käyttöseurantaan kuuluu lisäksi järjestyksen ja siisteyden ylläpito sekä pienien säätö- ja korjaustoimenpiteiden tekeminen.

Kunnonvalvonta on kohteen tilan jatkuvaa seuranta erilaisten mittausten avulla. Mittauksia suoritetaan määräajoin ja niiden pohjalta analysoidaan mitattavan kohteen kuntoa. Kunnonvalvonnan avulla pyritään estämään laitteen hajoaminen ja sitä kautta tuotannon keskeytyminen. Laitteille pyritään löytämään optimi huoltoajankohta pyrkimyksenä välttää laitteiden turhaa huoltoa. Kustannussäästöjen lisäksi kunnonvalvonnan avulla voidaan vaikuttaa myös turvallisuuteen estämällä laitteen yllättävä hajoaminen, jonka seurauksena henkilö- tai laitosturvallisuus voisi vaarantua.

Jaksotetut huollot ovat huoltoja, jotka suunnitellaan usein huoltokohteen valmistajan kanssa ja joita suoritetaan tietyn ennalta määrätyn ajanjakson välein. Huoltotoimintojen jaksotuserusteina voi olla mm. kalenteriaika, käyttöaika, käyttömäärät, kunnonvalvonnan tulokset ja käyttötilanteet.

Korjaus on kohteen purkamista niin että sen osat voidaan tarkastaa ja kuluneet sekä rikkoutuneet osat vaihtaa tai korjata. Jos katsotaan että kohteen korjaaminen ei ole enää taloudellisesti kannattavaa, voidaan se myös korvata uudella vastaavalla tai uudempaa mallia olevalla laitteella, jolloin käytetään termiä modernisointi. (Kunnossapitoyhdistys 2014.)

3.5 Kunnossapitotoiminta TVO:lla

TVO:n kunnossapitokäsikirjassa olevissa ohjeissa Systemaattisen kunnossapitosuunnittelun periaatteet ja Kunnossapidon toimintaohjeessa, on kuvattu ne toimintatavat joilla yhtiön asettamat turvallisuus-, käytettävyy- ja kilpailukykyvaatimukset toteutuvat. Kunnossapitosuunnittelun tavoitteena on välttää laitteiden turhaa huoltoa ja pyrkiä mahdollisimman tehokkaaseen laitteiden kuntoon perustuvaan huoltoon. Laitepaikat luokitellaan kunnossapitoluokkiin 1–4 ja niiden luokitteluun vastaa laitevastuualueen laitevastaava, joka tekee laitepaikan luokituksen yhteistyössä kunnossapidon, tur-

vallisuustoimiston ja tekniikkatoimiston edustajien kanssa. Laitepaikkaluokitusta tehdessään on laitevastaavalla apunaan valmistajan suositukset, huolto-ohjeet sekä muut oleelliset dokumentit esim. FSAR ja TTKE. (Puisto 2014.)

Olkiluoto 3 -laitoksella laitepaikkojen luokittelu on vielä kesken, mutta ne tullaan luokittelemaan laitostoimittajan AREVAn toimesta samoin neljään kunnossapitoluokkaan kuten OL1- ja OL2 -laitoksilla. AREVA tulee määrittelemään jokaiselle komponentille kunnossapitoluokan ja antamaan suosituksen komponenteille tehtävistä ennakko- ja toteutetavista. Suositukset komponenttien huoltoon laitostoimittaja perustaa laitevalmistajien suosituksiin, kunnossapitohistoriaan ja vertaislaitosten kokemuksiin vastaavista komponenteista. Näiden tietojen pohjalta TVO tulee lopulta rakentamaan OL3 -laitoksen kunnossapito-ohjelman.

Kunnossapitoluokkien määrittelyyn AREVA käyttää luotettavuuskeskeistä kunnossapito-ohjelmaa (Reliability Centered Maintenance, RCM), jossa se tarkastelee komponentteja turvallisuuden, luotettavuuden ja teknisten ominaisuuksien valossa. Lisäksi se käyttää hyväksi asiantuntijoiden kokemuksia löytääkseen oikean luokituksen komponenteille. (AREVA RCM 2007.)

TVO:lla laitepaikat on jaettu neljään kunnossapitoluokkaan seuraavasti:

Kunnossapitoluokka 1: "Pyrittävä pitämään aina toimintakunnossa"

Kunnossapitoluokkaan 1 luokkaan luokitellaan laitteet, joiden häiriötön toiminta varmistetaan huoltotoimenpiteillä ja odottamattomat häiriöt minimoidaan. Laitteiden kriittinen vika tulee havaita ennen kuin se aiheuttaa laitteen toiminnallisen vikaantumisen ja mahdolliset viat tulee pystyä korjaamaan mahdollisimman nopeasti.

Kunnossapitoluokka 2: "Rajoitettu epäkäytettävyys sallitaan"

Kunnossapitoluokka 2 kuuluville laitteille tehtävät huoltotyöt tulee suorittaa siten, että laitepaikan ja sen rinnakkaislaitteen tai rinnakkaisen osajärjestelmän yhdessä suorittama toiminto varmistetaan mahdollisimman pitkälle ja yhteisen toiminnon odottamattomat toimintahäiriöt minimoidaan. Kunnossapitoluokan 2 laitepaikoille voidaan hyväksyä

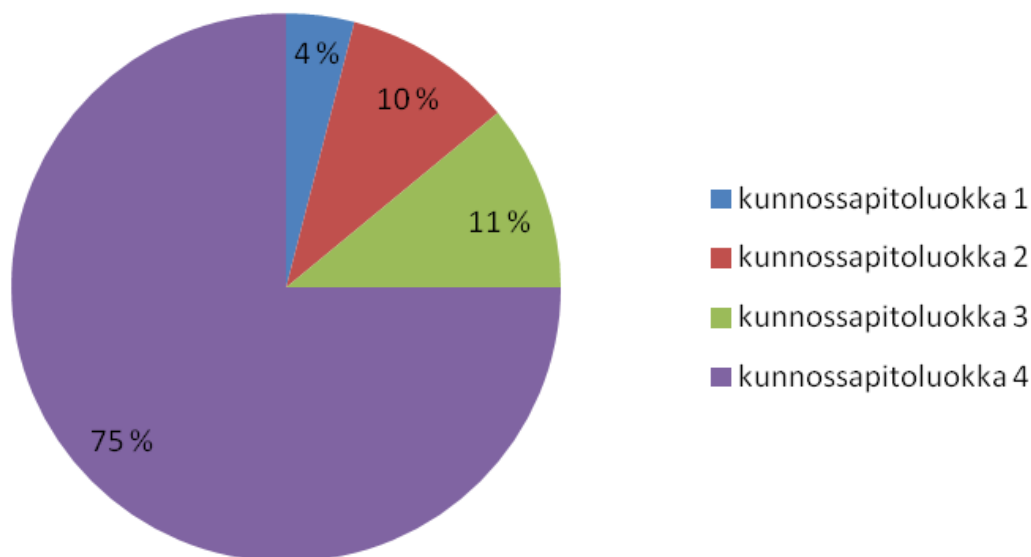
pelkästään kunnonvalvontaan perustuvat huollot, mikäli huoltotyöt voidaan tehdä tehoajon aikana.

Kunnossapitoluokka 3: "Taloudellisesti perusteltu ennakkohuolto sallitaan"

Kunnossapitoluokan 3 laitteille tehtävien kunnossapitotöiden valinta suoritetaan pääasiassa taloudellisin perustein. Laitteille suoritetaan ennakkohuoltoa vain jos se on taloudellisista syistä perusteltavissa. Pyrkimyksenä on suorittaa vain kunnonvalvontaan perustuvaa huoltoa ja korjausta. Ennakkohuoltotöitä ja tarkastuksia tehdään vain jos ne ovat taloudellisesti perusteltuja tai jos niillä voidaan ehkäistä laitoksen turvallisuuden ja käytettävyyden kannalta ei-kriittisiä vikoja.

Kunnossapitoluokka 4: "Ei suunnitella laitepaikkakohtaista ennakkoivaa kunnossapitoa"

Kunnossapitoluokan 4 laitteille ei suunnitella laitepaikkakohtaisia ennakkohuoltotehtäviä vaan laitepaikkojen kunnonvalvonta tapahtuu normaalin käytönvalvonnan puitteissa. Käytön suorittamassa kiertolistatyypisessä kunnonvalvonnassa havainnot perustuvat aisteihin kuten mittarien lukemien tarkkailuun, hälytysten kokeiluihin tai muihin yksinkertaisiin kontrollitehtäviin. (Puisto 2014.)



Kuva 4. Laittepaikkojen luokittelu kunnossapitoluokkiin (TVO).

OL1 ja OL2 laitepaikkojen määrä yhteensä noin 77 300.

Kuvan 4 mukaan voidaan todeta että OL1- ja OL2 -laitoksilla kaikkein tärkeimpien laitepaikkojen 1 ja 2 kunnossapitoluokan laitteiden määrä on koko laitekannasta melko pieni. Kuitenkin nämä laitepaikat ovat kunnossapidon kannalta kaikkein tärkeimpiä ja juuri näiden laitteiden kunnonvalvontaan ja huoltoon kohdennetaan kaikkein eniten kunnossapidon resursseja. Suurin osa ydinvoimalaitoksen laitepaikoista kuuluu kunnossapitoluokkaan 4 eli niille ei suoriteta ennakkohuoltoa, vaan ne ns. "ajetaan vikaan" ja kunnossapitotyö suoritetaan vikakorjauksena. OL3 -laitoksella laitepaikkojen määrä tulee olemaan huomattavasti suurempi, mutta laitepaikkaluokituksen jako tulee olemaan samansuuntainen. (Saarela 2012)

3.5.1 Ennakkohuolto ja vikakorjaus

Kustannusten ja asennusvirheiden minimoimiseksi laitteiden turhaa huoltoa tulisi välttää. Eli toisin sanoen, kunnossapitotoimenpiteille tulisi aina löytyä jokin syy. Vikakorjaustapauksessa syy on tietysti hyvin yksinkertainen eli kun laite ei toimi niin se korjataan, mutta tämä komponenttien rikkoutuminen tulisi kuitenkin tapahtua tietoisesti, eli juuri niille 4 kunnossapitoluokan komponenteille, jotka tietoisesti "ajetaan vikaan". Ennakkohuollettavissa laitteissa on pyrkimyksenä ajoittaa laitteen huolto sen komponenttien eliniän loppupäähän sitä kuitenkin ylittämättä. Kaikkien laitteiden huoltoa ei kuitenkaan voida suorittaa tehoajon aikana, joten huoltojen ajankohta määräytyy usein huoltoseisokkien ajankohdan mukaan. Näitä syitä voivat olla esimerkiksi se, että laite on käytössä tehoajolla tai säteily on liian korkea huoltojen suorittamiseksi tehoajolla ja tästä syystä huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa vain laitoksen ollessa huoltoseisokissa. Tärkeimpien laitteiden ennakkohuoltojen ajankohtaa pyritään määrittelemään laitteille tehtävän kunnonvalvonnan avulla. Kunnonvalvonnalla seurataan laitteiden kunnon kehittymistä ja tämän perusteella pyritään optimoimaan huollon ajankoh-
ta.(Kunnossapitoyhdistys 2014; Puisto 2014.)

TVO:lla uuden laitepaikan määrittelyssä laitevastaava arvioi laitepaikkaa turvallisuuden ja käytettävyyden kannalta ja mitä vikoja ennakoivalla kunnossapidolla pyritään estämään. Lisäksi hän arvioi laitepaikan huoltoa varten tarvittavien varaosien määrän ja ohjeet, joita työn suorittaminen tarvitsee. Laitepaikan huoltotöiden huoltovälejä arvioitaessa laitevastaavan tulee lisäksi ottaa huomioon laitepaikan todelliset käyttötunnit, huoltojen mahdollinen toteutusajankohta ja huoltotöiden mahdollisesti aiheuttamat riski-

tekijät. Laitteiden vanhenemisen ja kulumisen takia 1–3 kunnossapitoluokan laitepaikkojen huoltotoimenpiteiden riittävyyttä tulee tarkastella tasaisin väliajoin. Kunnossapito toiminnan optimoimiseksi huoltotoimenpiteiden suoritusväliä voidaan muuttaa laitepaikan sen hetkiseen tilaan sopivaksi joko huoltoväliä tihentämällä tai kasvattamalla. (Kunnossapitoyhdistys 2014; Puisto 2014.)

3.5.2 Kunnossapitotöiden suoritus TVO:lla

Kunnossapitotyöt suoritetaan suunnitelmien ja ohjeiden mukaisesti ja töitä suorittaessa kiinnitetään huomiota erityisesti työturvallisuuteen, säteily- ja palosuojeluun. Laitokselle tehtävistä kunnossapitotöistä pyritään tekemään mahdollisimman paljon tehoajon aikana. Laitosten redundantitiset järjestelmät mahdollistavat osan laitoksen laitteiden huollot, TTKE -säännöt huomioiden, tehoajon aikana. Tehoajon aikana laitteiden huoltotöiden suorittamiselle on usein riittävästi aikaa ja näin ollen työt voidaan suorittaa rauhas- sa normaalin työajan puitteissa, pois lukien TTKE -rajoituksen alaiset vikakorjaustyöt. Kuitenkin suuri osa korjaus- ja huoltotöitä on mahdollista suorittaa ainoastaan vuosi- huollon aikana laitoksen ollessa ajettuna alas. (Saarela 2013.)

Vuosihuollon aikana tehdään työt, joiden suorittaminen on tehoajon aikana mahdotonta. Työt suoritetaan ennakoon tehtyjen suunnitelmien ja aikataulun mukaan ja niitä hallinnoidaan työlupakäytännön avulla. Vuosihuollon pituus pyritään luonnollisesti pitämään mahdollisimman lyhyenä, ja tästä syystä suuri määrä huoltotöitä joudutaan tekemään hyvin nopeassa aikataulussa. Vuosihuollon pituuden määrää ns. kriittinen polku, joka määräytyy vuosihuollon aikana tehtävistä töistä, joita ei voida tehdä muihin töihin kuluvan ajan puitteissa. Näitä ovat usein reaktorille tehtävät huoltotyöt, polttoai- neen siirtotyöt ja laitoksen ylösajotilanteessa reaktorin sulkeminen ja käytön tekemät järjestelmien palautukset. Kriittisen polun muodostavien töiden tulee sujua ongelmitta ja aikataulussa, sillä osatyön aikataulun venyminen tarkoittaa myös sitä, että se venyt- tää myös seuraavaa työvaihetta ja se taas puolestaan näkyy suoraan kokonaisaikatau- lun venymisenä ja lopulta tuotantotappiona.

Reakturityöt ovat pääsääntöisesti kriittisen polun töitä, tarkoittaen sitä että työvaiheen suorittamisen mahdolliset ongelmat heijastuvat suoraan aikataulun venymiseen ja sitä kautta tuotannonmenetyksiin. Tästä syystä reaktorihuoltotöiden sujuvuus on ensiarvoi-

sen tärkeää. Oikeanlaisten toimintavarmojen työkalujen avulla voidaan varmistaa töiden sujuvuus ja työvälineistä johtuvat ongelmat voidaan minimoida. Työkaluille tehtävien säännöllisten huoltojen, ja juuri ennen käyttöä tehtävien toimintakokeiden, avulla varmistetaan niiden toimivuus niitä käytettäessä. Työkalut huolletaan ennakkoon kirjoitettujen huolto-ohjeiden avulla, jotka perustuvat laitevalmistajan suosituksiin sekä laitevastaavan lisäämiin huomiota vaativiin kommentteihin. Työkaluille tehdyt huoltotoimenpiteet, käytettyine varaosineen, kirjataan ylös laitteen huoltohistoriaan mahdollista myöhempää tarkastelua varten. Luvussa 7 käsitellen tarkemmin niitä työkaluja, joiden epäkäytettävyys voi vaikuttaa vuosihuollon kriittiseen polkuun.

3.5.3 Säteilyn vaikutus kunnossapitotoimintoihin

Ydinvoimalaitoksen kunnossapito poikkeaa konventionaalisen voimalaitoksen kunnossapidosta fissiossa syntyvän säteilyn ja sitä kautta syntyvän kontaminaation kautta. Vaikka säteilyaltistusta ei pystytä täysin poistamaan varotoimien avulla, pystytään henkilökuntaan kohdistuva säteilyn määrä pitämään niin pienenä, että ydinvoiman käyttöä voidaan pitää turvallisena. Säteilyasetuksessa määrätään työntekijän säteilyaltistuksen ylärajaksi 50 mSv yhden kalenterivuoden aikana. Lisäksi viidenvuoden aikana kokonaisannos ei saa ylittää 100 mSv:ä. Vertailuarvona suomalaisen keskimääräinen vuosittainen säteilyannos on noin 3,2 mSv, joka koostuu pääsääntöisesti sisäilman radonista, luonnon taustasäteilystä ja säteilyn terveydellisestä käytöstä. (Säteilylaki 27.3.1991/592; Säteilyasetus 23.12.1998/1143; Sandberg 90 - 95; STUK 2014.)

Säteilytyö vaatii erityistoimenpiteitä kunnossapitohenkilöstön suojelussa säteilyltä sekä kontaminaatiolta. Suojaustoimet säteilyä vastaan perustuvat altistumisajan minimointiin, säteilyä vaimentavien suojien käyttöön ja etäisyyteen säteilyn kohteesta. Altistusai-ka saadaan minimoitua hyvän työsuunnittelun ja henkilökunnan osaamisen sekä koulutuksen avulla. Säteilysuojana käytetään lyijysuojia, betonisia rakenteita ja vettä vaimentamaan säteilyn lähteestä tulevaa säteilyä. Kontaminaatiota vastaan suojakeinona ovat erilaiset henkilösuojaimet kuten haalarit, käsineet, saappaat ja hengityssuojaimet. Ydinvoima-alalla käytetään säteilysuojelun optimointiperiaatetta ALARA, joka tulee sanoista As Low As Reasonably Achievable ja vapaasti suomentaen se tarkoittaa että työt on suorittava niin että henkilökuntaan kohdistuva säteilyannos on mahdollisimman vähäistä. (Valtonen 2012.)

Säteily vaikuttaa myös laitteiden ja työkalujen käyttöikään lyhentäen niitä. Monet laitoksen komponenteista ovat vaihdettavia ja näin ollen ne voidaan uusia niiden käyttöiän loppuvaiheessa, mutta jotkin komponenteista on suunniteltu koko laitoksen käyttöiälle, kuten reaktoripaineastia. Näiden vaihtamattomien komponenttien ikääntymisen valvonta on ratkaisevassa asemassa ydinvoimalaitoksen käyttöiän kannalta. Elektroniikkaa sisältävät laitteet ovat varsin herkkiä säteilylle ja ne rikkoutuvat nopeasti altistuessaan kovalle säteilylle. (Sandberg 90 – 123.)

Kontaminaation vaikutukset kunnossapitotöissä ilmenevät niin, että kontaminoituneita laitteita ei päästä huoltamaan kuten puhtaita laitteita, vaan ne täytyy ensin puhdistaa ja vasta sitten ne voidaan huoltaa. Tämä luonnollisesti vie oman aikansa ja myös rajoittaa mahdollisuutta lähettää laitteita huoltoon laitoksen ulkopuolelle. Tietyissä töissä välttämättömät henkilösuojaimeet voivat myös aiheuttaa rajoitteita työn tehokkaalle suorittamiselle, kuten hengityssuojainten ja kumihaalarien käyttö kuumissa olosuhteissa. Näiden rajoitteiden minimoimiseksi, paras keino on ennakoon suoritettu hyvä työsuunnittelu ja riittävien työvoimaresurssien käyttö sekä hyvä yhteistyö säteilynvalvojen kanssa.

3.5.4 Ydinturvallisuusnäkökulma

Vaikka laitoksen käytettävyyks on ydinvoimalaitoksella erittäin tärkeää, menevät turvallisuusasiat kuitenkin aina taloudellisten asioiden edelle. Vasta kun ydin- ja henkilöturvallisuus on varmistettu, voidaan toimintaa tarkastella taloudellisesta näkökulmasta. Ydinenergialaissa sanotaan seuraavaa: Ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Tämä tarkoittaa sitä, että työn tehokkuuden lisäämistä ei saa koskaan tehdä ydinturvallisuuden kustannuksella. (Ydinenergialaki 23.5.2008/342).

Irto-osat ja muut reaktoriin joutuvat sinne kuulumattomat komponentit voivat mahdollisesti aiheuttaa ydinturvallisuuden heikkenemistä. Tästä syystä reaktorin huoltoon käytettäville työkaluille on tehtävä irto-osatarkastus ennen niiden käyttöä. Irto-osa tarkastuksen tarkoituksena on havaita ne osat, jotka voivat mahdollisesti irrota ja pudota reaktoriin. Nämä irto-osat (esim. ruuvit, mutterit, prikät) voivat pahimmassa tapauksessa

vaurioittaa polttoainesauvoja, jumittaa venttiileitä tai säätösauvojen toimintaa ja sitä kautta heikentää ydinturvallisuutta. (Harju 2013.)

Nosto- ja käsittelytyökaluille on tärkeää suorittaa toimintakoe, jonka avulla voidaan varmistaa että työkalu toimii halutulla tavalla. Aktiivisia komponentteja, esimerkiksi reaktorin sisäosia, nostettaessa työkalun toimintahäiriöt voivat aiheuttaa ydinturvallisuuden heikkenemistä. Reaktorin sisäpuolisia komponentteja ei korkean säteilyn vuoksi voi nostaa ollenkaan pois vedestä, joten mahdollisen toimintahäiriön korjaaminen on aina hankalaa sekä aikaa vievää ja tämän vuoksi on huoltotöiden ja toimintakokeiden avulla varmistettava, että vedenalaisiin korjaustöihin ei jouduta turvautumaan.

OL3 -laitoksella komponentit on jaettu turvallisuusluokkiin (Safety Class, SC) PSAR / FSAR turvallisuusanalyysin pohjalta. Analyysissä on arvioitu komponenttien mahdollisesta rikkoutumisesta aiheutuvat seuraukset ja ne on niiden pohjalta luokiteltu turvallisuusluokkiin 1–4 tai EYT. Laitostoimitukseen kuuluvista erikoistyökaluista (List of special tools, liite 2) seuraavilla on katsottu olevan laitostoimittajan mielestä turvallisuusmerkitystä ja siksi ne on luokiteltu turvallisuusluokkaan 3:

- polttoainenipun purku- / kasaustyökalu (Fuel assembly reconstruction facility) turvaluokka 3 / EYT
- reaktorikannen nostotyökalu (Upper lifting rig) turvallisuusluokka (SC) 3
- nostosauvat (RPV Closure head Transport tie rods) turvallisuusluokka 3
- säätösauvatoimilaitteen ajoakselin käsittelytyökalu (CRD shaft handling tool) turvallisuusluokka 3
- vedenalainen imuri (Underwater vacuum cleaner) turvaluokka 3

Lopuilla erikoistyökalulistan työkaluilla ei katsota FSAR analyysin mukaan olevat ydinteknistä turvallisuusmerkitystä ja ne on sen vuoksi luokiteltu luokkaan EYT.

3.5.5 Työsuojelullinen näkökulma

Yksi reaktorihallin työkalujen tärkeimmistä tehtävistä on suojella kunnossapitohenkilökuntaa säteilyltä. Työkalujen tulisi olla ALARA -periaatteen mukaisesti sellaisia, että

niiden käyttäjä altistuisi mahdollisimman vähän säteilylle ja kontaminaatiolle. Esimerkiksi osan reaktorihuollossa käytettävien puhdistustyökalujen tehtävänä on suorittaa reaktorin osien puhdistusta niin, että operaattorin saama säteilyannos jää mahdollisimman pieneksi. Säteilysuojelun lisäksi reaktori työkaluissa pätee sama lainalaisuus kun missä tahansa työkalussa, eli niiden käyttäminen tulee olla käyttäjälleen turvallista. (Työsuojeluhallinto 2007; Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400.)

Työkalujen toimintakyvyn varmistaminen on ehdottomaan tärkeää, sillä työkalujen mahdollinen toimintahäiriö kesken työsuorituksen saa aikaan sen, että oleskeluaika säteilevän kohteen läheisyydessä pitenee, jos laitetta joudutaan alkamaan korjata. Toimintakyvyn varmistamiseksi työkalut tulee huoltaa ja koestaa säännöllisesti niin, että ne ovat toimintakuntoisia niitä tarvittaessa. Työkalut huolletaan laitoksen ollessa tehoajolla kun työkaluja ei käytetä ja juuri ennen vuosihuoltoa, kun niitä on tarkoitus käyttää, tehdään niille toimintakoe. (Säteilylaki 27.3.1991/592.)

3.5.6 Taloudellinen näkökulma

Ydinvoimalaitoksessa, kuten muissakin voimalaitoksissa, laitoksen korkea käytettävyys on ensiarvoisen tärkeää. Laitoksen käyttökerroin pyritään, turvallisuusnäkökulmat huomioiden, pitämään niin korkeana kuin mahdollista. Reaktorihuoltotyökalujen tehtävä taloudellisuusnäkökulmasta katsottuna, on työn suorittamisen nopeuttaminen ja laadukas suorittaminen. Oikeanlaisten, kyseiseen tehtävään suunniteltujen työkalujen avulla saadaan työ suoritettua nopeasti, mutta samalla turvallisesti ja laadukkaasti. Laadukkaita toimintavarmoja työkaluja käyttämällä saadaan työt suoritettua suunnitellussa aikataulussa, jolloin pystytään välttämään työkaluista johtuva laitoksen epäkäytettävyys. Laitoksen seisottaminen on äärimmäisen kallista, sillä esimerkiksi OL3 -laitoksen yhden tunnin epäkäytettävyys maksaa tuotannonmenetysten muodossa 65264 € (40,79 € / MW x 1600 MW) Työkalujen huoltoihin uhrattu panostus huoltotyötuntien ja varaosien muodossa maksaa siis itsensä nopeasti takaisin. OL3 -laitoksen komponenteille on tehty laitostoimittajan toimesta käytettävyysanalyysi (Probabilistic Availability Analysis, PAA), jossa on arvioitu komponenttien rikkoontumisesta aiheutuva järjestelmän epäkäytettävyys. Analyysin avulla komponentit on luokiteltu kolmeen eri käytettävyysluokkaan. (Nordpool 2014; AREVA 2009.)

3.5.7 Irto-osien ja epäpuhtauksien hallinta kunnossapitotöissä

Huolellisuus kunnossapitotöiden suorittamisessa sekä tarkka irto-osakontrolli on erittäin tärkeä asia ydinvoimalaitoksen kunnossapidossa. Irto-osien pääsyä huoltotöiden yhteydessä avonaisten laitteiden ja putkistojen kautta järjestelmään, pyritään estämään työkohteiden hyvällä järjestyksellä ja siisteydellä, erilaisten irto-osasuojien avulla ja suoritettavien puhtaustarkastusten avulla. Prosessiin kuulumaton irto-osa voi pahimmassa tapauksessa estää esimerkiksi säätösauvan tai venttiilin toimintaa. Tällaisia irto-osia ovat muun muassa ruuvit, mutterit, työkalut jne. Prosessiin, esimerkiksi kunnossapitotöiden yhteydessä, joutunut epäpuhtaus esimerkiksi metallipöly aktivoituu järjestelmissä ja nostaa säteilytasoja. Prosessiin joutuneet metallilastut taas voivat pahimmassa tapauksessa vaurioittaa polttoainesauvoja, josta seurauksena on polttoainevuoto joka puolestaan lisää aktiivisuutta järjestelmän komponenteissa. (Suoniemi 2014; Harju 2014.)

Irto-osilta ja epäpuhtauksilta suojautumiseen käytetään erilaisia irto-osasuojia, jotka asennetaan esimerkiksi avonaisen esim. putken päähän aina kun se on mahdollista. Muttereiden ja ruuvien sekä käytettävien työkalujen putoamisen estämiseksi käytetään erilaisia varmistuksia esimerkiksi lukittavia aluslevyjä, joiden tehtävänä on estää ruuvi-liitosten tahaton aukeaminen. Erilaiset irto-osatarkastukset kuuluvat läheisesti ydinvoimalaitoksen kunnossapitoon. Esimerkiksi työkaluille tehdään irto-osatarkastukset ennen niiden käyttöä reaktoritankissa ja ennen venttiilien huollon jälkeistä kokoamista tarkastetaan venttiilin pesän puhtaus. (Suoniemi 2014; Harju 2014.)

Parityöskentelyn ja riippumattoman varmennuksen avulla pyritään kaikin keinoin ennaltaehkäisemään epäpuhtauksien ja irto-osien joutumista prosessiin, sillä sinne joutuneiden epäpuhtauksien poisto on aina paljon suurempi työ kuin niiden ennaltaehkäisy. Huolimatta erilaisista varmennuksista ja valvonnasta, on työsuorituksen huolellinen suorittaminen kuitenkin loppujen lopuksi kiinni työn suorittajan asenteesta työn huolellista suorittamista kohtaan, siististä työympäristöstä, huolellisesta työsuunnittelusta ja oikeiden työmenetelmien valinnasta. (Suoniemi 2014; Harju 2014.)

3.5.8 Vuosihuoltojen eri tyypit

OL3 laitoksella tullaan käyttämään neljää erityyppistä ja ajallisesti erimittaista vuosihuoltomallia, joihin reaktorille tehtävät huoltotyöt on jaettu ennalta tehdyn pitkän ajan vuosihuoltosuunnitelman mukaan.

OL3 -laitoksella 12 kk käyttöjaksolla vuosihuoltojen pituudet ovat:

Refueling Only Outage (ROO) on kestoaltaan lyhin mahdollinen vuosihuoltomalli, jossa huoltojen ja tarkastusten tekeminen on mahdollista, mutta vuosihuollon pituuden määrittelee polttoaineen vaihtoon liittyvät työt. Vuosihuollon kokonaiskesto on noin 10 vrk.

Normal Refueling Outage (NRO) on vuosihuoltomalli, jossa suoritetaan säännöllisiä tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä mm. höyrystimille ja pääkiertopumpuille. Vuosihuollon kokonaiskesto on 21 – 30 vrk.

Turbine Generator Overhaul (TGO) on vuosihuoltomalli, jossa huolletaan ja tarkastetaan normaalien reaktorin huoltotoimenpiteiden lisäksi turbiinia ja generaattoria. Vuosihuollon kokonaiskesto on 20 – 30 vrk.

In-Service Inspection Outage (ISIO) on vuosihuoltomalli, jossa reaktorin normaalien huoltotoimenpiteiden lisäksi suoritetaan runsaasti tarkastuksia mm. reaktorille, reaktorin sisäosille, höyrystimille, pääkiertopumpuille, turbiineille ja generaattorille. Vuosihuollon kokonaiskesto on noin 29 vrk. (AREVA OL3 Outage Management.)

4 TYÖN TOTEUTUS JA MENETELMÄT

4.1 Tiedonkeruumenetelmät

Opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivisia tiedonkeruumenetelmiä, kuten: havainnointia, haastattelua, kyselyä, vertailuanalyysiä ja prosessianalyysiä. Kyselyn avulla pyrittiin selvittämään työn tarpeellisuutta ja niitä yksityiskohtia, jotka tuli huomioida työssä. Vertailuanalyysin avulla kerättiin tietoa muiden voimalaitosten käytännöistä. Haastattelun avulla pyrittiin hyödyntämään ns. hiljaista tietoa ja alan ammattilaisten kokemuksia. Prosessianalyysin avulla jaettiin prosessi pienempiin osiin mahdollisesti esiin tulevien ongelmien ja tarpeiden löytämiseksi. Kirjallisen tiedon lähteenä käytettiin laitostoimittajan julkaisemaa materiaalia, laitevalmistajien dokumentaatiota, TVO:n sisäistä materiaalia, Ydinvoima-alan lainsäädäntöä ja standardeja sekä yleistä kirjallisuutta ydinvoiman ja kunnossapidon alalta.

4.2 Työn toteutus

Kehittämistyön kulku eteni kuvan 5 mukaisesti alkaen työn tarpeellisuuden todentamisesta, jossa selvitettiin Webropol-kyselyn avulla erikoistyökalujen hallinnoinnin nykytilaa ja alan ammattilaisten mielipidettä työn tarpeellisuudesta. Työn tarpeellisuuden todentamisen jälkeen tehtiin prosessikuvauskaavio reaktorihuoltoon liittyvistä työvaiheista ja purettiin ne yksittäisiksi töiksi, jotta saatiin selville työvaiheiden suorittamiseen tarvittavat työkalut. Työssä tunnistettiin tarvittavien lisätyökalujen hankintatarpeet ja tehtiin suositukset niiden hankkimiseksi. Työn konkreettisena tuloksena syntyi laitospimukseen sisältyvien reaktorihuoltotyökalujen koontitaulukko sekä yksilölliset, visuaaliset työkalukortit jokaisesta työkalusta.



Kuva 5. Kehittämistyön kulku.

4.2.1 Työn tarpeen todentaminen

Tieto erikoistyökalujen käyttökohteista, käyttöohjeista ja valmistajista on puutteellista ja tietoja on hajallaan eri lähteissä. Havaitsin, että hajanainen tieto tulee kerätä yhteen helposti löydettävään muotoon, jolloin erikoistyökalujen huoltotoimenpiteitä voidaan helpommin hallinnoida. Ongelman todentamiseksi tein Webropol -kyselyn, jossa selvitin ongelman todellisuutta.

Tein strukturoidun kyselyn (liite 1), joka koostui yhteensä 17 kysymyksestä, joissa kahdessa ensimmäisessä kartoitin vastaajan ammattinimikettä ja työryhmää. Viimeiseksi kysymykseksi tein avoimen vastauskentän, jossa kukin vastaaja sai vapaasti vastata kysymykseen: *Mitä muuta tulisi mielestäsi huomioda erikoistyökaluaineistossa?* Loput 14 kysymystä olivat väittämiä, joihin vastaaja joutui ottamaan kantaa asteikolla 1–6, jossa 1 tarkoitti vastaajan olevan täysin eri mieltä väittämän kanssa ja 6 vastaajan olevan täysin samaa mieltä väittämän kanssa.

Kyselyn tavoitteena oli selvittää ydinvoimalaitoksen reaktoripuolen erikoistyökaluista koottavan taulukkoaineiston tarpeellisuutta, sisällön tärkeyttä ja alan asiantuntijoiden mielipiteet siitä, mitä taulukon tulisi sisältää ja mitä tulisi jättää sen ulkopuolelle. Tavoitteena oli hyödyntää mekaanisen kunnossapidon eri laitevastaavien kunnossapitoinsinöörin ja asentajien kokemuksia sekä mielipiteitä ja saada tutkimustulosten pohjalta selville ne osa-alueet, jotka ovat selvästi tarpeellisia, ja ne, joiden jättäminen taulukon ulkopuolelle tulisi taulukon selkeyden vuoksi harkita. Kyselyn tulosten pohjalta saatiin varmistus ongelman todellisuudesta eli siitä, että erikoistyökalujen hallinnointia tulisi kehittää, ja tiedot siitä, mitä tietoja erikoistyökaluista koottavan aineiston tulisi sisältää. Vastaajat vahvistivat käsitykseni myös siitä, että työkalujen huoltotoimenpiteiden ja tarvittavien varaosien dokumentointi ei ole tällä hetkellä systemaattista eivätkä tiedot ole helposti löydettävissä.

Kyselyn vastausten pohjalta (kuva 6.) voidaan tehdä useita päätelmiä.

Erikoistyökaluaineiston saatavuuden nykytilaa kartoittavien kysymysten 3 ja 4 vastauksissa voidaan havaita selvää hajontaa. Tämä tarkoittaa sitä, että osalla vastaajista on käytössään erikoistyökalujen huoltoa varten aineisto, jonka mukaan he huoltavat työkalunsa, kun taas toisilta aineisto puuttuu.

Aineiston nykytilaa ja laatua kartoittavien kysymysten 5, 6, 7, 8, 9, 10 vastauksista voidaan todeta, että laatu vaihtelee eri vastaajien kesken, mutta kuitenkin jonkin tasoista aineistoa on olemassa, jonka avulla työkaluja hallinnoidaan.

Kysymyksillä 11, 12, 13, 14, 15 pyrin selvittämään ne asiat, joita koottavan erikoistyökaluaineiston tulisi sisältää. Vastaukset näihin kysymyksiin olivat yhtenevät ja viittasivat vahvasti siihen että olin oikeilla jäljillä aineiston sisällön suhteen.

Kysymys nro.	Määrä	Keskiarvo	Keskiarvon luottamusväli	Mediaani	Keskihajonta
3	17	3,117647	2,41 – 3,83	4	1,49509
4	17	2,941176	2,24 – 3,64	3	1,477777
5	17	2,882353	2,15 – 3,61	2	1,536325
6	17	3,647059	2,92 – 4,38	4	1,538716
7	17	4,352941	3,57 – 5,14	5	1,656094
8	17	4,176471	3,48 – 4,87	5	1,467791
9	17	4,470588	3,76 – 5,19	5	1,504894
10	17	4,352941	3,58 – 5,12	5	1,617914
11	17	4,764706	4,15 – 5,38	5	1,300452
12	17	5,352941	4,94 – 5,76	6	0,86177
13	17	5,529412	5,19 – 5,87	6	0,71743
14	17	5	4,31 – 5,69	6	1,457738
15	17	5,529412	5,11 – 5,95	6	0,874475

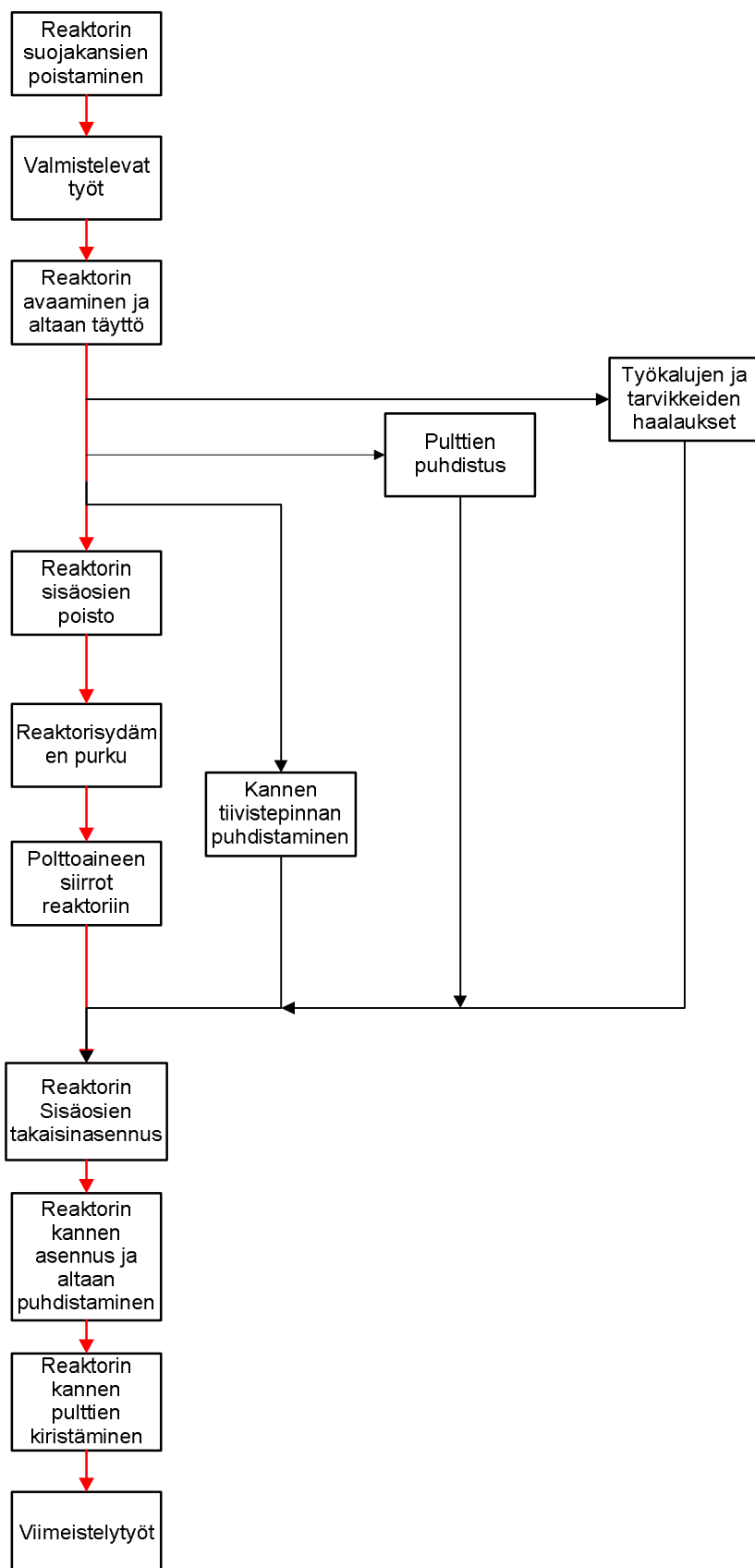
Kuva 6. Kyselyn tulokset.

4.2.2 Reaktorin huoltoprosessin kuvaaminen

Reaktorin huoltoprosessin hahmottamiseksi tein prosessikuvauskaavion (kuva 7.), jonka tehtävänä on auttaa huoltoprosessin kokonaisuuden hahmottamisessa purkamalla huoltoprosessikokonaisuus yksittäisiin työvaiheisiin. Reaktorihuollon kriittisen polun merkitsin kaavioon punaisilla nuolilla. Prosessikaavion pohjana käytin OL3 -laitoksen

alustavaa huoltoaikataulua, josta poimin reaktorihuoltoryhmälle kuuluvat työt. Prosessien eri vaiheiden kuvaamista varten kirjoitin lisäksi sanallisen kuvauksen ja täydensin sitä valokuvilla. Vaiheiden kuvaus sisältää tiedon niistä erikoistyökaluista, joiden käyttöä vaiheen suorittaminen edellyttää.

Koin tärkeäksi purkaa huoltoprosessin työvaihetasolle, koska tällä tavalla toimien pystyin selvittämään kaikkien vaiheen suorittamiseen tarvittavien erikoistyökalujen tarpeen. Tämän pohjalta pystyin toteamaan laitossopimukseen kuuluvien työkalujen käyttötarpeen ja vertailemalla muiden laitosten työkalukantaan, määrittämään ne työkalut, jotka tulisi vielä hankkia laitossopimukseen kuuluvien työkalujen lisäksi.



Kuva 7. Reaktori huoltoprosessin (ROO- Outage) prosessikuvauskaavio.

Kokosin reaktorin huoltoprosessin (kuva 7) kriittisen linjan työvaiheiden suorittamiseen tarvittavat työkalut prosessikaaviossa kuvattuihin työvaiheisiin. Seuraavissa luvuissa 5 ja 6 puran reaktorin huoltoprosessin työvaiheet yksittäisiksi töiksi käyttäen apuna valokuvia ja sanallista kuvausta. Työvaiheiden purkamisen tarkoituksena on muodostaa selkeä kokonaiskuva reaktorin huoltoprosessista kokonaisuutena ja auttaa kuvaamaan erikoistyökalujen käyttökohteita. Luvussa 5 ja 6 viitatuista työkaluista löytyy kuvalla varustettu työkalukortti työn lopusta.

Reaktorihuollon kriittisen polun töiden suorittamiseen tarvittavat työkalut:

- Reaktorin suojakansien poistaminen.

Betonikansien nostotyökalu (Cover slab lifting device)

Kuljetusvaunu (Lorry for heavy loads)

- Valmistelevat työt.

Reaktorikannen nostotyökalu (Upper lifting rig)

Nostosauvat (Transport tie rods)

- Reaktorin avaaminen ja altaan täyttö.

Reaktorikannen nostotyökalu (Upper lifting rig)

Nostosauvat (transport tie rods)

Reaktorin kannen avauslaite (Multi stud tensioning machine (MSTM))

Reaktorikannen avauslaitteen säilytysteline (MSTM lifting parking stand)

Kannen ohjaussauvojen käsittelytyökalu

Kierrereiän tulpan asennustyökalu (pitkä)

Kannen ohjaussauvojen kaulusten asennustyökalu

Lyhyet nostosauvat (Short transport tie rods)

- Reaktorin sisäosien poisto.

Sonditarttujaa (Instrumentation lance handling tool)

Säätösauvojen ajoakselien irrotustyökalu (CRD shaft latching / unlatching tool)

Sisäosien nostotyökalu (Internals lifting device)

Sisäosien varastointitelineisiin (JAC Storage stand)

- Reaktorisydämen purku (työvaiheen aikana tehtävien kunnossapitotöiden suorittamiseen tarvittavat työkalut).

Reaktorin kannen pulttien puhdistuskone (RPV studs and nuts cleaning machine)

Kannen laipan tiivistepinnan puhdistustyökalu (Cleaning machine for the sealing surface of the RPV flange at the RPV head)

- Reaktorin sisäosien takaisinasennus.

Sonditarttuja (Instrumentation lance handling tool)

Säätösauvojen ajoakselien irrotustyökalu (CRD shaft latching / unlatching tool)

Sisäosien nostotyökalu (Internals lifting device)

Sisäosien varastointitelineisiin (JAC Storage stand)

- Reaktorin kannen asennus ja altaan puhdistaminen.

Reaktorilaipan tiivistepinnan puhdistustyökalu (Cleaning machine for sealing surface of RPV flange)

Kierrereikien puhdistuskone (Cleaning machine for the RPV blind holes at the RPV body)

Reaktorikannen nostotyökalu (Upper lifting rig)

Nostosauvat (Transport tie rods)

Kannen ohjaussauvojen käsittelytyökalu

Kierrereiän tulpan asennustyökalu (pitkä)

Kannen ohjaussauvojen kaulusten asennustyökalu

Lyhyet nostosauvat (Short transport tie rods)

- Reaktorin kannen pulttien kiristäminen.

Reaktorikannen avauslaitteen säilytysteline (MSTM lifting parking stand)

Reaktorin kannen avauslaite (Multi stud tensioning machine (MSTM))

- Viimeistelytyöt.

Betonikansien nostotyökalu (Cover slab lifting device)

Kuljetusvaunu (Lorry for heavy loads)

5 REAKTORIN AVAAMINEN JA REAKTORISYDÄMEN PURKAMINEN

Liite 7: Reaktorin avaaminen ja reaktorisydämen purkaminen (ei julkinen)

6 REAKTORISYDÄMEN UUELLEEN LATAAMINEN JA KANNEN SULKEMINEN

Liite 8: Reaktorisydämen uudelleen lataaminen ja kannen sulkeminen (ei julkinen)

7 TÄRKEIMPIEN TYÖKALUJEN MÄÄRITTELY

Liite 9: Tärkeimpien työkalujen määrittely (ei julkinen)

8 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Erikoistyökaluille tehtävät huoltotarpeet on määritelty työkalun käyttö- ja huolto-ohjeissa. Käyttö- ja huolto-ohjeet ovat laitevalmistajasta riippuen hieman erilaisia, mutta jokaisessa tulisi olla määritelty huoltotehtävien lisäksi suoritusohjeet, suoritusvälit, tarvittavat varaosat, työsuoritukseen vaadittava osaamistaso sekä työkalulle tehtävät määräaikaistarkastukset. Määräaikaistarkastuksilla tarkoitetaan ainetta rikkomattomien tarkastusten (NDT) suorittamista esim. nostoapuvälineille. Vaikka laitteen valmistajalla on varmasti paras tuntemus laitteestaan, ei niihin voida kuitenkaan luottaa sokeasti vaan laitevastaavan tulee tarkastaa käyttö- ja huolto-ohjeet sekä keskustella mahdollisista muutoksista laitevalmistajan kanssa. Laitevastaava vastaavasti tuntee parhaiten sen toimintaympäristön, jossa työkalua tullaan käyttämään, joten parhaaseen lopputulokseen päästään laitevastaavan ja laitteen valmistajan yhteistyöllä.

Erikoistyökalulistan (List of special tools 1 - 54) työkaluille tehtävät huoltotehtävät koostuvat pääsääntöisesti erilaisista visuaalisista tarkastuksista ja toimintakokeista, joissa testataan laitteen toimivuus ennen sen käyttöä. Huoltotyöt ovat usein erilaisia tarkastuksia, jotka suoritetaan laitetta purkamatta ja niiden avulla pyritään löytämään mahdollisia kolhuja, halkeamia, muodonmuutoksia, ruostetta tai löysentyneitä ruuveja ja muttereita, joiden kiristysmomentit tarkastetaan ajoittain. Käyttö- ja huolto-ohjeessa kuvatussa toimintakokeen avulla testataan laitteen toiminta suorittamalla sille mahdollinen koe-käyttö tai ajamalla sen kaikki liikeradat läpi pyrkimyksenä mallintaa laitteen todellinen käyttötilanne mahdollisimman tarkasti.

Erikoistyökalulistan kaikista työkaluista ei ole saatavilla käyttö- ja huolto-ohjeita, eikä niitä kaikista edes tarvitakaan, koska osa listan työkaluista on erilaisia työkalutelineitä ja säilytyslaatikoita. Nämä luokittelin Kunnossapitoluokituksen määrittelytyökalun avulla 3 ja 4 kunnossapitoluokkaan, millä tarkoitan sitä, että niille ei suoriteta varsinaisia ennakko- huoltotehtäviä, vaan ne korjataan, kun niissä havaitaan vikaa. Kunnossapitoluokkaan 1 ja 2 luokittelemilleni työkaluille löytyy pääsääntöisesti käyttö- ja huolto-ohjeet, joissa on kuvattu tarkastus- ja toimintakokeiden lisäksi työkalulle tehtävät huollot esim. puhdistukset, voitelut, säädöt ja tarkastukset. Näiden ohjeiden tunnisteiden lisäksi liitteenä 2 olevaan taulukkoon sarakkeeseen EOMM. Työkaluista, joista ohjeet vielä puuttuvat, tulee ne olla toimitettuna ennen kuin laitetta aletaan käyttää. Työkalut ovat toimintoiltaan hyvin erilaisia, ja osa näistä 1 ja 2 kunnossapitoluokkaan kuuluvista työkaluista

sisältää sekä mekaanisia että sähkökomponentteja, ja ovat näin ollen toiminnoiltaan monipuolisempia kuin toiset. Huolimatta siitä kaikkien 1 ja 2 luokkaan kuuluvien työkalujen huoltoon on panostettava erityisen hyvin, sillä työkaluilla suoritettavat tehtävät ovat hyvin kriittisiä ydin- ja työturvallisuuden sekä laitoksen käytettävyyden kannalta.

Verratessa OL3:n työkalukantaa referenssilaitosten laitekantoihin voidaan todeta, että laitostoimituksen mukana toimitettavien työkalujen määrä on pääsääntöisesti riittävä reaktorin huoltoprosessin suorittamiseksi. Lisätyökaluhankintoja tulisi kuitenkin tehdä nopeuttamaan työvaiheiden suorittamista sekä pienentämään työntekijään kohdistuvaa annosta. Lisähankintoina hankittavia työkaluja ovat reaktorin puhdistustyökalut ja kuljetusvaunu materiaalin haalaamiseksi reaktorihalliin. Vaikka OL3 ja referenssilaitosten työkalukanta on monelta osin samanlainen, on laitoksissa ja laitosten operaattorien toimintatavoissa kuitenkin eroavaisuuksia, ja näin ollen työkalukantojen suora kopioiminen on mahdotonta.

Voidaan todeta, että työkalujen tunnistaminen ja huoltojen hallinnointien suunnittelu on tehtyjen työkalukorttien ja koontitaulukkojen avulla helpompaa ja selkeämpää. Samoin työkaluille tehtävien huoltotoimenpiteiden lopullinen määrittely on helpompaa huolto-ohjeiden ja laitevalmistajan yhteystietojen avulla. Työn myötä reaktorihuoltotyökalujen ympärillä ollut tietojen hajanaisuus ja sekamelska on tehtyjen taulukoiden ja visuaalisten työkalukorttien myötä selkeämpi ja auttaa jatkossa työkaluasioiden käsittelyä. Projektin keskeneräisyyden vuoksi, aivan jokaisen työkalun käyttö- ja huolto-ohjetta en löytänyt enkä valitettavasti myöskään löytänyt valokuvaa jokaisesta työkalukorteissa mainituista työkaluista, vaikka se oli alkuperäinen tarkoitukseni. Puuttuvia tietoja on kuitenkin helppo täydentää kun tiedot löytyvät.

Työssäni käsittelin ainoastaan reaktorinhuoltoa, mutta primääripiirin muiden komponenttien huollossa käytetään myös suurta määrää erikoistyökaluja. Jouduin rajaamaan primääripiiriin muut komponentit pois, jottei työ laajenisi liian suureksi. Esimerkiksi primääripiiriin komponentteihin kuuluvan pääkiertopumpun huoltotoissa tarvitaan noin 50:tä erilaista työkalua, joista tulisi myös tehdä taulukko ja työkalukortit, kuten reaktorihuollon työkaluista. Höyrystimien ja paineistimen huolloissa tarvittavat työkalut tulisi myös koota vastaaviin taulukoihin.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli muodostaa selkeä käsitys OL3 -laitoksen reaktorihuollossa tarvittavista erikoistyökaluista ja koota OL3 -laitoksen erikoistyökaluaineisto selkeään hallittavaan ja käyttökelpoiseen muotoon. Työn tarkoituksena oli myös selvittää laitossopimukseen sisältyvien työkalujen riittävyys reaktorihuoltotehtävien suorittamiseksi. Vertaamalla laitostoimituksen mukana toimitettavia työkaluja referenssilaitosten työkalukantoihin oli tarkoitus saada selville työkalujen mahdolliset lisähankintatarpeet.

Jaoin reaktorin huoltoprosessin työkohtaisiin osiin helpottamaan kokonaisuuden hahmottamista ja löytääkseni mahdollisesti puuttuvat reaktorihuoltotyökalut. Purettu huoltoprosessi toimii selventävänä kuvauksena niistä toimenpiteistä, joita reaktorin huolto vaatii. Opinnäytetyötä on mahdollista käyttää koulutusmateriaalina uusille työntekijöille reaktorin huoltoprosessia kuvatessa.

Työn tuotoksena syntyi laitossopimukseen kuuluvista erikoistyökaluista koontitaulukko, johon kokosin tiedot työkalun valmistajasta, referenssipiirustuksesta, käyttö- ja huolto-ohjeista. Taulukon avulla on kokoonpanopiirustuksen sekä käyttö- ja huolto-ohjeen etsiminen tarvittaessa nopeaa sekä vaivatonta ja se antaa samalla selkeän kuvan koko OL3:n reaktorihuollon työkalukannasta. Toinen työn tuotoksena syntynyt konkreettinen tuotos on yksilölliset työkalukortit, joiden tehtävänä on toimia visuaalisena apuna työkalujen hallinnoinnissa. Lisäksi määrittelin jokaiselle työkalulle kunnossapitoluokat, joiden tehtävä on auttaa kohdentamaan kunnossapitoaktiviteetit kaikkein tärkeimmille työkaluille ja näin ollen hyödyntää käytössä olevat kunnossapitoresurssit mahdollisimman tehokkaasti.

Opinnäytetyö selkeyttää reaktorihuollon työkalujen hallinnointia ja antaa suositukset optiona hankittavien työkalujen hankintaan. Työtä voidaan käyttää apuna huoltojen hallinnoinnissa, investointipäätösten tukena ja oppimateriaalina uusille työntekijöille. Työtä on myös mahdollista käyttää OL 1 ja OL 2 laitosten erikoistyökalujen hallinnoinnin kehittämiseen pienin muutoksin.

LÄHTEET

AREVA 2007. Reability centered maintenance method RCM.

AREVA 2009. Probabilistic availability assessment screening analysis of the systems in the nuclear island.

AREVA 2014. OL3 Outage management. Long term Planning

AREVA:n esitys. AREVA presentation 2006. 1 St Meeting TVO-STUK-OWG

AREVA:n toiminnankuvaus. AREVA refueling operation 2010. RCS opening reactor pool flooding

AREVA:n aikataulu 2009. EPR Outage Schedule 2009. 12 month cycle -Outage No. 1

Harju, T 2013. TVO:n kunnossapito-ohje. Irto-osakäytännöt ja epäpuhtaudet reaktori-hallitöissä.

IAEA 2014. Country statistics. Viitattu 7.11.2014
<http://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=FI>

IAEA 2014. The Database on Nuclear Power Reactors. Viitattu 11.12.2014
<http://www.iaea.org/pris/>

Kunnossapitoyhdistys 2014. Kunnossapito. Menestystekijä. Viitattu 15.12.2014
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_23_kunnossapidon_toiminnot_ennen_vian_ilmenemista.html.

Kuosa, L 2011. STUK:n luentomateriaali. Säteilyturvakeskus ja sen suorittama viran-omaisvalvonta.

Nordpool 2014. Nordpool spot -hintaa. Nordic / Baltic. Viitattu 18.12.2014
<http://www.nordpoolspot.com/#/nordic/table>

Poikolainen, J ja Rusanen K. 2011. TVO:n koulutusaineisto. Lait, asetukset ja viran-omaismääräykset.

Puisto, T 2014. TVO:n kunnossapito-ohje. Systemaattisen kunnossapitosuunnittelun periaatteet OL1/OL2/OL3.

Saarela, S 2012. TVO:n koulutusmateriaali. Luokittelukurssi.

Saarela, S 2013. TVO:n Ohje. Kunnossapidon toimintaohje

Sandberg, J.2004. Ydinturvallisuus. Säteily- ja ydinturvallisuus. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino

STUK 2014. Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos. Viitattu 19.1.2015 http://www.stuk.fi/ihminenjasateily/ihmisen_radioaktiivisuus/fi_FI/keskimaarainen_sateilyannos/

Suoniemi, S 2014. TVO:n kunnossapito-ohje. Irto-osien pääsyn estäminen avonaiseen prosessiin kunnossapitotöiden yhteydessä.

Säteilyasetus 23.12.1998/1143

Säteilylaki 27.3.1991/592

TVO 2013. Maailman ydinvoimalaitokset. Viitattu 7.11.2014 <http://www.tvof.fi/page-615>

TVO 2013. Taskutieto. Viitattu 11.12.2014 <http://www.tvof.fi/Julkaisut>.

TVO 2013. Tekniset tiedot. Viitattu 7.11.2014 <http://www.tvof.fi/page-515>

TVO 2014. Ajankohtaista. Viitattu 1.9.2014 <http://www.tvof.fi/news/304>

Työsuojeluhallinto 2007. Koneturvallisuus. Työsuojeluhallinnon julkaisu. Viitattu 18.12.2014 tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2007/08/TSJ_57.pdf

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400

Valtonen, K 2012. TVO:n koulutusaineisto. Säteilysuojelun tulokoulutus

Ydinenergialaki 23.5.2008/342

Ydinenergialaki 11.12.1987/990 <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1987/19870990>